



(51) Internationale Patentklassifikation 5 :

C02F 3/30

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/17959

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum:

28. November 1991 (28.11.91)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH91/00116

(22) Internationales Anmeldedatum: 16. Mai 1991 (16.05.91)

(30) Prioritätsdaten:

1691/90-0

18. Mai 1990 (18.05.90)

CH

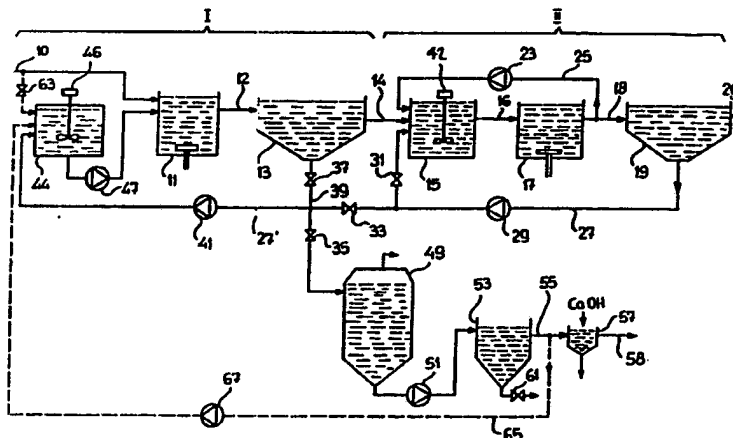
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): UTB  
UMWELTECHNIK BUCHS AG [CH/CH]; Technik-  
umstrasse 14, CH-9470 Buchs (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : BAIER, Urs [CH/CH];  
Wetti 3, CH-9470 Buchs (CH). WYSS, Paul [CH/CH];  
Rosenweg 10, CH-4533 Riedholz (CH).(74) Anwalt: RIEDERER, Conrad, A.; Bahnhofstrasse 10, CH-  
7310 Bad Ragaz (CH).(81) Bestimmungsstaaten: AT, AT (europäisches Patent), AU,  
BE (europäisches Patent), BG, BR, CA, CH, CH (euro-  
päisches Patent), DE, DE (europäisches Patent), DK,  
DK (europäisches Patent), ES, ES (europäisches Patent),  
FI, FR (europäisches Patent), GB, GB (europäisches Pa-  
tent), GR (europäisches Patent), HU, IT (europäisches  
Patent), JP, KP, KR, LK, LU, LU (europäisches Patent),  
MC, NL, NL (europäisches Patent), NO, PL, RO, SE,  
SE (europäisches Patent), SU, US.

## Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelasse-  
nen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderun-  
gen eintreffen.(54) Title: PROCESS FOR ELIMINATING NITRATES AND PHOSPHATES IN THE BIOLOGICAL PURIFICATION  
OF WASTE WATER(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR NITRAT- UND PHOSPHATELIMINATION BEI DER BIOLOGISCHEN REINI-  
GUNG VON ABWASSER

## (57) Abstract

The raw waste water flowing into the activation tank (11) is aerated together with the sludge from the anaerobic intermediate stage (44) and then flows together with sludge flakes into the intermediate clarifying tank (13). There is thus a sludge circuit from the intermediate clarification tank (13) via the anaerobic intermediate stage (44) and the activation tank (11) back to the intermediate clarification tank (13). This results in a continuous interchange of anaerobic and aerobic medium conditions. In the anaerobic conditions in the anaerobic intermediate stage (44) the bacteria in the sludge give off phosphates, then in the subsequent aerobic phase increased quantities of phosphate are stored. The circuit described is not adversely affected by nitrites and nitrates because there are none of these substances which interfere with biological phosphorus elimination in the intermediate clarification tank (13). The anoxic preliminary stage (15) is important in eliminating nitrogen. To this stage are fed three components, i.e. oxygen-containing waste water with sludge flakes from the activation tank (17), clarification sludge from the post-clarification tank (19) and waste water from the intermediate clarification tank (13). Because of the high sludge concentration there is a shortage of oxygen which facilitates the reduction process by optionally aerobic bacteria. This reduction process reduces nitrites and nitrates to elementary nitrogen. The water flowing out of the plant via line (20) is largely free of phosphates and ammonium salts.

**(57) Zusammenfassung** Das in das Belebungsbecken (11) einfließende Rohabwasser wird zusammen mit dem aus der anaeroben Zwischenstufe (44) eingetroffenen Schlamm belüftet und fließt dann zusammen mit Schlammflocken in das Zwischenklärbecken (13). Es besteht also ein Schlammkreislauf vom Zwischenklärbecken (13) über die anaerobe Zwischenstufe (44) und das Belebungsbecken (11) zurück zum Zwischenklärbecken (13). Dadurch erfolgt ein ständiger Wechsel von anaeroben und aeroben Milieuverhältnissen. Unter den anaeroben Bedingungen in der anaeroben Zwischenstufe (44) geben die im Schlamm enthaltenen Bakterien Phosphat ab, um dann in der nachfolgenden aeroben Phase erhöhte Phosphatmengen zu speichern. Der beschriebene Kreislauf wird nicht durch Nitrite und Nitrate gestört, weil im Zwischenklärbecken (13) diese die biologische Phosphorelimination störenden Stoffe fehlen. Für die Stickstoffelimination ist die anoxische Vorstufe (15) von Bedeutung. Dieser werden drei Komponenten zugeführt, nämlich sauerstoffhaltiges Abwasser mit Schlammflocken aus dem Belebungsbecken (17), Klärschlamm aus dem Nachklärbecken (19) und Abwasser aus dem Zwischenklärbecken (13). Dank der grossen Schlammkonzentration entsteht ein Sauerstoffmangel, der den Reduktionsvorgang durch fakultativ aerobe Bakterien ermöglicht. Durch diesen Reduktionsvorgang werden Nitrite und Nitrate zu elementarem Stickstoff reduziert. Das aus der Anlage durch die Leitung (20) abfließende Wasser ist weitgehend frei von Phosphaten und Ammoniumsalzen.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	MG	Madagaskar
AU	Australien	FI	Finnland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	Frankreich	MN	Mongolei
BE	Belgien	GA	Gabon	MR	Mauritanien
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BJ	Benin	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	PL	Polen
CA	Kanada	IT	Italien	RO	Rumänien
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Sowjet Union
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
DE	Deutschland	LU	Luxemburg	TC	Togo
DK	Dänemark	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika

---

Verfahren zur Nitrat- und Phosphatelimination bei der biologischen Reinigung von Abwasser

---

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Nitrat- und Phosphatelimination bei der biologischen Reinigung von Abwasser in einer Abwasserreinigungsanlage, mit einer ersten Stufe, welche ein Belebungsbecken und ein Zwischenklärbecken aufweist, und einer zweiten Stufe, welche ein Belebungsbecken und ein Nachklärbecken aufweist, bei welchem Verfahren Abwasser aus der ersten Stufe einer Nachbehandlung in der zweiten Stufe unterzogen wird, der im Nachklärbecken abgesetzte Schlamm zu einem grossen Teil zurückgeleitet und zu einem kleinen Teil als Ueberschussschlamm einer Faulstufe zugeführt wird.

Die DE-A-27 40 766 beschreibt ein Verfahren zur biochemischen Reinigung von häuslichem, industriellem oder gemischtem Abwasser beim Auftreten von organischen Inhaltsstoffen, welche die unerwünschte Entwicklung von Fadenbakterien und die Bildung von Blähschlamm begünstigen. Dieses Verfahren bedient sich einer ersten, ein aerob betriebenes Belebungsbecken und gegebenenfalls ein Zwischenklärbecken enthaltenden biochemischen Stufe und einer nachgeschalteten zweiten, ein aerob betriebenes Belebungsbecken und ein Nachklärbecken enthaltenden biochemischen Stufe. Zur biochemischen Reinigung wird schlammfreies, teilgereinigtes Abwasser aus der ersten biochemischen Stufe ganz oder teilweise zur Nachbehandlung in die zweite biochemische Stufe weitergeleitet und in das Belebungsbecken der ersten biochemischen Stufe mit einem Anteil zurückgeführt, der im Vergleich zu jenem Anteil, der in die zweite Stufe geleitet wird, um so grösser ist, je stärker in der ersten biochemischen Stufe die Neigung zur Bildung von Fadenbakterien ist. Der im Zwischenklärbecken der ersten biochemischen Stufe abgesetzte Schlamm wird dem Belebungsbecken der zweiten biochemischen Stufe zugeleitet, wobei in Teil dieses Schlamms als Ueberschussschlamm vorher

-2-

noch abgezogen werden kann. Der im Nachklärbecken der zweiten biochemischen Stufe abgesetzte Schlamm wird teilweise in das Belebungsbecken der zweiten biochemischen Stufe zurückgeleitet und teilweise als Ueberschussschlamm beseitigt.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass sich in den verschiedenen Stufen unterschiedliche Lebensgemeinschaften im Belebtschlamm bilden, die sich der jeweiligen Abwasserbeschaffenheit relativ gut anpassen. Diese Lebensgemeinschaften im Belebtschlamm sind gegen Belastungsschwankungen sehr resistent und ermöglichen einen verhältnismässig raschen biologischen Abbau der organischen Schadstoffe.

Beim biologischen Abbau von stickstoffhaltigen Stoffen, z.B. Eiweissstoffen, entstehen Ammoniumsalze. Diese bilden eine Gefahr für natürliche Gewässer, weil sie als Fischgift wirken oder bei eintretender Nitrifikation zu einem Sauerstoffschwund des Gewässers führen. Abwasserreinigungsverfahren sollten daher Ammoniumsalze möglichst eliminieren. Dies erfolgt beim bekannten Verfahren durch biologische Nitrifikation und anschliessende Denitrifikation. Zuerst werden die Ammoniumsalze durch Nitrosomonas-Bakterien in Nitrit umgewandelt, worauf dann durch Nitrobakter eine Umwandlung des Nitrits in Nitrat erfolgt. Die Nitrifikation stellt einen Oxidationsprozess dar. Um diesen Prozess zu beschleunigen, ist daher eine Belüftung für die Belebungsbecken vorgesehen. Im Gegensatz dazu stellt die Umwandlung von Nitriten und Nitraten zu elementarem Stickstoff einen Reduktionsvorgang dar, der durch fakultativ aerobe Bakterien erfolgt. Für die Denitrifikation wirkt daher die Anwesenheit von Sauerstoff störend.

Beim vorbekannten Verfahren gemäss der CH-A-547 235 wird das dem Absetzbecken der ersten Stufe entnommene, Ammoniumsalze enthaltende sauerstofffreie Abwasser im Belebungsbecken der zweiten Stufe zwecks einer möglichst weitgehenden Nitrifikation der Ammoniumsalze belüftet. Ein Teil des in dieser Weise nitrifizierten Abwassers aus dem Absetzbecken der zweiten Stufe wird dann kontinuierlich in die erste Stufe zurückzirkuliert.

-3-

liert und im Absetzbecken der ersten Stufe, wo Sauerstoffmangel herrscht, denitrifiziert. Der andere Teil des nitrifizierten Abwassers verbleibt einige Zeit im Absetzbecken der zweiten Stufe. Das die Anlage verlassende gereinigte Abwasser ist daher weitgehend denitrifiziert. Dies setzt allerdings eine entsprechend grosse Dimensionierung voraus.

Es ist bekannt, dass Phosphor eine wichtige Rolle bei der Eutrophierung von Gewässern führt. Es muss daher nicht nur der Nitratelimination, sondern auch der Phosphorelimination Beachtung geschenkt werden. Die Phosphorelimination erfolgt gewöhnlich auf chemischem Wege, indem mittels Eisen- oder Aluminiumsalzen eine Phosphatfällung vorgenommen wird. Die chemische Phosphatfällung hat jedoch den Nachteil, dass sie zu einer Aufsalzung führt. In diesem Zusammenhang kann bemerkt werden, dass Aluminiumsalze unter dem Verdacht stehen, die Ursache der gefürchteten Alzheimer-Krankheit zu sein.

Es sind bereits biologische Verfahren zur Phosphorelimination bekannt geworden. Bei diesen Verfahren wird die Fähigkeit aerober Mikroorganismen zu einer vermehrten Phosphoraufnahme gezielt genutzt. Die Voraussetzung hierfür bildet ein ständiger Wechsel von anaeroben und aeroben Milieuverhältnissen. Unter anaeroben Bedingungen geben diese Bakterien Phosphat ab, um dann in der nachfolgenden aeroben Phase erhöhte Phosphatmengen zu speichern. Die Phosphorreduktion erfolgt dabei über die Phosphorfixierung in den Mikroorganismen und deren Entnahme mit dem Ueberschussschlamm. Dabei wirkt sich jedoch nachteilig aus, dass die Phosphatrücklösung durch das Vorliegen von Nitrat und Nitrit negativ beeinflusst wird.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, das eine chemische Phosphorelimination unnötig macht oder mindestens eine starke Reduktion des Fällungsmittelverbrauchs ermöglicht. Das Verfahren soll aber auch eine hohe Betriebssicherheit und Reinigungsleistung gewährleisten. Des weiteren soll das Verfahren mit einer Abwasserreinigungsanlage durchgeführt werden können, die einen geringen Land-

und Raumbedarf besitzt und zum Betrieb möglichst wenig Energie benötigt.

Zur Lösung der Aufgabe ist erfindungsgemäss vorgesehen, dass beim Verfahren der eingangs erwähnten Art Belebtschlamm aus dem Zwischenklärbecken einer anaeroben Zwischenstufe zugeführt, dort während einer vorbestimmten Zeit belassen und dann zum Belebungsbecken rezirkuliert wird, und dass sowohl Abwasser als auch Schlamm aus der zweiten Stufe einer anoxischen Vorstufe zugeleitet werden, dass der Inhalt der anoxischen Vorstufe umgewälzt wird und dass das mit Schlamm vermengte Abwasser aus der anoxischen Vorstufe dem Belebungsbecken der zweiten Stufe zugeführt wird. Der Schlamm aus dem Zwischenklärbecken, welcher der anaeroben Zwischenstufe zugeführt wird, enthält praktisch keine Nitrate. Es stehen somit den Bakterien in der anaeroben Zwischenstufe kein Sauerstoff aus Nitraten und auch kein Luftsauerstoff zur Verfügung, so dass sie die zum Leben nötige Energie durch Freisetzung zellintern gespeicherter Phosphate gewinnen. Es erfolgt dadurch eine Phosphatrücklösung. Dank dieser weder durch Nitrate noch gelöstem Sauerstoff beeinträchtigten Rücklösung der Phosphate, erfolgt nach der Rezirkulation des Schlamms in das Belebungsbecken die Phosphataufnahme umso günstiger. Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren wird daher die Gesamtposphatelimination erheblich erhöht. Da die Phosphatrücklösung beim erfindungsgemässen Verfahren relativ rasch und ungestört vorstatten geht, ergibt sich nicht nur eine hohe Betriebssicherheit, sondern es ist auch möglich, die anaerobe Zwischenstufe relativ klein zu dimensionieren.

Wegen der Belüftung im Belebungsbecken der zweiten Stufe, weist sowohl das aus dem Belebungsbecken fliessende Abwasser als auch das im Nachklärbecken enthaltende Abwasser einen relativ hohen Sauerstoffgehalt auf. Es wäre daher zu erwarten, dass eine Stufe, welcher Abwasser mit einem Sauerstoffgehalt zugeführt wird, nicht anoxisch betrieben werden kann. Versuche haben jedoch gezeigt, dass bei einem Rückfluss von Abwasser, welcher bis zu viermal grösser sein kann als der Zufluss von

Rohabwasser zur ersten Stufe, die anoxische Vorstufe der zweiten Stufe dennoch gut funktioniert. Der durch diesen Rückfluss zugeführte gelöste Sauerstoff wird nämlich unmittelbar gezehrt. Dank der Schlammrückführung aus dem Nachklärbecken, befindet sich in der anoxischen Vorstufe eine grosse Schlammkonzentration, welche sauerstoffzehrende Bakterien enthält, und das aus der ersten Stufe zugeführte teilgereinigte Abwasser liefert die für das Wachstum dieser sauerstoffzehrenden Bakterien nötigen organischen Stoffe. Es herrschen somit in der anoxischen Vorstufe tatsächlich Zustände, welche die fakultativ aeroben denitrifizierenden Bakterien begünstigen. Infolgedessen werden in der anoxischen Vorstufe die Nitrate auf sehr effiziente Weise abgebaut. Die Denitrifikation findet also nicht mehr im Zwischenklärbecken und im Nachklärbecken statt, sondern ausschliesslich in der anoxischen Stufe. Eine Abwasserreinigungsanlage, welche mit dem erfindungsgemässen Verfahren arbeitet, kann deshalb auch kleiner dimensioniert werden, als eine Anlage, welche mit einem der eingangs beschriebenen Verfahren arbeitet. Von besonderer Bedeutung ist schliesslich, dass das Abwasser weitgehend frei von Ammoniumsalzen, Nitraten und Phosphaten ist. Da dies bereits nach der anoxischen Vorstufe der Fall ist, erfolgt im Nachklärbecken auch keine Bildung von Schwimmschlamm. Bei der Einleitung des Abwassers in ein Gewässer sind ferner auch keine negative Auswirkungen auf den Fischbestand und auf den Sauerstoffhaushalt zu befürchten. Die gefürchtete Eutrophierung bleibt aus.

Eine Ausführungsform des Verfahrens sieht vor, dass die Rückleitung von Abwasser zur anoxischen Vorstufe vom Ausgang des Belebungsbeckens der zweiten Stufe erfolgt. Dies hat den Vorteil, dass das Nachklärbecken nicht entsprechend der um die Rückführtrate erhöhten hydraulischen Last grösser dimensioniert werden muss.

Vorteilhaft sieht ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens vor, dass der Rückführstrom von Abwasser und Schlamm aus der zweiten Stufe in die anoxische Vorstufe das ein bis vierfache des der ersten Stufe zufließenden Rohabwasserstromes beträgt. Dies hat den Vorteil, dass ein weitgehender Anteil des im

Belebungsbecken der zweiten Stufe gebildeten Nitrates in der anoxischen Vorstufe denitrifiziert werden kann. Weiter ermöglicht der Rückführstrom eine hohe Schlammkonzentration in der anoxischen Vorstufe und im Belüftungsbecken der zweiten Stufe aufrechtzuerhalten, so dass dort die Menge der aktiven Biomasse gross ist. Dies wiederum gewährleistet bei der relativ kleinen Dimensionierung dieser Anlageteile eine hohe Abbaurate. Für kommunale oder mehrheitlich kommunale Abwässer kann der Rückführstrom auch bloss das eineinhalbfache bis zweifache des Rohabwasserstromes betragen. So kann Energie für den Betrieb der Umwälzpumpe eingespart werden.

Vorteilhaft wird die Abbauleistung der ersten Stufe durch eine Begrenzung des Sauerstoffangebots so gesteuert, dass im Zulauf zur anoxischen Vorstufe das Verhältnis von BSB<sub>5</sub> zu dem im Nitrat enthaltenen Stickstoff grösser als drei ist. Zu diesem Zweck wird die Konzentration an gelöstem Sauerstoff im Belebungsbecken im Durchschnitt tiefer als 1,0 mg/l O<sub>2</sub>, vorzugsweise 0,2 - 0,6 mg/l O<sub>2</sub>, gehalten und die Schlammkonzentration zwischen 3,0 und 8,0 kg/m<sup>3</sup> eingestellt. So wird vermieden, dass in der ersten Stufe zuviel organisches Material abgebaut wird, was zur Folge haben würde, dass nachher zu wenig gut abbaubare Kohlenstoffverbindungen zur Denitrifikation zur Verfügung stehen.

Zweckmässigerweise wird der anaeroben Zwischenstufe biologisch abbaubaren Kohlenstoff enthaltendes Material zugeführt. So kann beispielsweise der anaeroben Zwischenstufe ein Teil des Rohabwassers zugeführt werden. Zum Abbau von eingelagertem Phosphor brauchen die Bakterien einen gewissen Anteil von leicht lösbarem Kohlenstoff, wie er beispielsweise im Rohabwasser vorhanden ist. Es ist aber auch möglich, diesen Kohlenstoff der anaeroben Zwischenstufe in Form von Trübwasser und/oder Brüden zuzuführen, das, bzw. die bei der Eindickung/Entwässerung oder Trocknung von Klärschlamm anfällt.

Zweckmässigerweise wird der Schlamm während ein bis vier Stunden, vorzugsweise etwa zwei Stunden, in der anaeroben Zwischenstufe belassen. Da in die anaerobe Zwischenstufe prak-



-7-

tisch kein Nitrat oder Nitrit oder löslicher Sauerstoff eingeführt wird, verläuft die Phosphatrücklösung sehr rasch, so dass im Gegensatz zum Stand der Technik eine relativ kurze Aufenthaltszeit ausreichend ist.

Es ist zweckmässig, das im Trübwasser der Faulstufe enthaltene Phosphat chemisch, z.B. mit Kalziumhydroxid auszufällen. In diesem Bereich wird zur chemischen Ausfällung sehr wenig Fällungsmaterial benötigt. Da die Fällung mit Kalziumhydroxid erfolgen kann, erfolgt auch keine Aufsalzung.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Diese Vorrichtung besitzt eine erste Stufe, welche ein Belebungsbecken und ein Zwischenklärbecken aufweist, und eine zweite Stufe, welche ein Belebungsbecken und ein Nachklärbecken aufweist, wobei eine Rückführleitung für den Schlamm aus der zweiten Stufe und eine Rückführleitung für Abwasser aus der zweiten Stufe vorgesehen ist. Die erfindungsgemässe Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine anaerobe Zwischenstufe zwischen dem Zwischenklärbecken und dem Belebungsbecken vorgesehen ist, um Schlamm aus dem Zwischenklärbecken während einer vorbestimmten Zeit in anaerobem Zustand zu halten und dann in das Belebungsbecken rückzuführen, dass zwischen der ersten Stufe und der zweiten Stufe eine anoxische Vorstufe angeordnet ist, und dass sowohl die Rückführleitung für Abwasser aus der zweiten Stufe als auch die Rückführleitung für Schlamm aus der zweiten Stufe zur anoxischen Vorstufe führt. Diese Vorrichtung ermöglicht eine einfache Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Die Zeichnung zeigt eine Abwasserreinigungsanlage mit einer ersten Stufe I und einer zweiten Stufe II.

Die Rohabwasserleitung 10 führt zum Belebungsbecken 11. Hier findet ein BSB5-Abbau von etwa 70 bis 85 % statt. Das Bele-

bungsbecken 11 ist über die Leitung 12 mit dem Zwischenklärbecken 13 verbunden, wo eine Sedimentation des Schlammes stattfindet. Vom Zwischenklärbecken 13 führt die Leitung 14 zur anoxischen Vorstufe 15. Mit dem Bezugszeichen 42 ist eine Umwälzvorrichtung, z.B. ein Rührwerk, für die anoxische Vorstufe 15 bezeichnet. Die anoxische Vorstufe 15 ist über die Leitung 16 mit dem Belebungsbecken 17 verbunden. Hier findet ein BSB5-Abbau von etwa 70 bis 90 % des verbleibenden BSB5-Gehalts statt. Der Gesamtabbau in beiden Stufen beträgt somit etwa 85 bis 98 %. Vom Belebungsbecken 17 führt die Leitung 18 zum Nachklärbecken 19, wo eine Sedimentation des Schlammes stattfindet und von wo geklärtes Abwasser durch die Leitung 20 abfliessen kann. Eine Umwälzpumpe 23 ist vorgesehen, um über die Leitung 25 Abwasser vom Belüftungsbecken 17 der anoxischen Vorstufe 15 zuzuführen. Eine Rückführleitung 27 für Schlamm führt aus dem Nachklärbecken 19 über die Pumpe 29, die Zweigleitung 30 und das Ventil 31 zur anoxischen Vorstufe 15. Die Ventile 33 und 35 sind normalerweise geschlossen. Sie werden jeweils geöffnet, um Ueberschussschlamm aus dem Nachklärbecken 19 abzuziehen.

In der ersten Stufe I führt die Rückführung des Schlamms über das Ventil 37, die Leitungsabschnitte 39 und 27' und die Pumpe 41 zur anaeroben Zwischenstufe 44. Mit dem Bezugszeichen 46 ist eine Umwälzvorrichtung, z.B. ein Rührwerk für die anaerobe Zwischenstufe bezeichnet. Ueber die Rückführleitung 45 und die Pumpe 47 ist die anaerobe Zwischenstufe 44 mit dem Belebungsbecken 11 verbunden. Ueber das Ventil 35 kann Ueberschussschlamm dem Faulbehälter 49 zugeführt werden. Der Faulschlamm wird über die Pumpe 51 der Eindickvorrichtung 53 zugeführt. Die Leitung 55 führt zu der chemischen Phosphat-Fällungs-Stufe 57. Praktisch phosphatfreies Wasser verlässt die Anlage über die Leitung 58.

Faulschlamm kann über das Ventil 61 abgelassen und gegebenenfalls weiterer Behandlung zugeführt werden.

Bei Mangel von gut abbaubarem Kohlenstoff in der anaeroben Zwischenstufe 44 kann dieser ein Teilstrom von Rohabwasser

-9-

über die Leitung 10' und das Ventil 63 zugeführt werden. Statt oder zusätzlich zu einer Rohabwasserzufuhr kann aber auch über die Leitung 65 und die Pumpe 67 Trübwasser der anaeroben Zwischenstufe 44 zugeführt werden.

Im Betrieb der Reinigungsanlage fliesst Rohabwasser über die Leitung 10 in das Belebungsbecken 11, wird dort zusammen mit Schlamm aus der anaeroben Zwischenstufe 44 belüftet. Von Bedeutung ist, dass die Abbauleistung der ersten Stufe I durch eine Begrenzung des Sauerstoffangebots und eine Kontrolle der Biomassekonzentration so gesteuert wird, dass die Konzentration an gelöstem Sauerstoff im Belebungsbecken 11 im Durchschnitt tiefer als  $1,0 \text{ mg/l O}_2$ , vorzugsweise  $0,2 - 0,6 \text{ mg/l O}_2$ , gehalten und die Schlammkonzentration zwischen  $3,0$  und  $8,0 \text{ kg/m}^3$  eingestellt wird. Das Abwasser fliesst dann zusammen mit Schlammflocken in das Zwischenklärbecken 13. Nach dieser Vorklärung fliesst das Abwasser vom Zwischenklärbecken 13 über die Leitung 14 in die anoxische Vorstufe 15. Ueber die Rückführleitung 25 wird dieser Stufe ebenfalls Abwasser, das auch Schlammflocken enthält, aus dem Belebungsbecken 17 der zweiten Stufe zugeführt, und über die Leitungen 27 und 31 pumpt die Pumpe 29 auch Klärschlamm in die anoxische Vorstufe 15. Mittels der Rührvorrichtung 42 werden in der anoxischen Vorstufe 15 diese drei Komponenten vermischt. Dank der grossen Schlammkonzentration sind viele sauerstoffzehrende Bakterien vorhanden. Das aus der ersten Stufe zugeführte Abwasser liefert die organischen Stoffe, die das Wachstum dieser Bakterien fördern. Dank dem Sauerstoffmangel erfolgt ein Reduktionsvorgang durch fakultativ aerobe Bakterien, wobei Nitrite und Nitrate zu elementarem Stickstoff reduziert werden. Von der anoxischen Vorstufe 15 fliesst denitrifiziertes Abwasser über die Leitung 16 zum Belebungsbecken 17 der zweiten Stufe, wird dort belüftet und fliesst dann über die Leitung 18 zu einem Teil in das Nachklärbecken 19 und zum anderen Teil über die Rückführleitung 25 zurück zur anoxischen Vorstufe 15. Im Nachklärbecken 19 setzen sich die Schlammflocken. Weil das über die Leitung 18 in das Nachklärbecken 19 fliessende Abwasser nitratarm ist, findet dort keine Schwimm-

-10-

schlammabbildung statt. Gereinigtes Abwasser verlässt die Anlage über die Leitung 20.

Von Zeit zu Zeit wird Schlamm aus dem Zwischenklärbecken 13 in die anaerobe Zwischenstufe 44 gepumpt und dort mit Rohabwasser und/oder Trübwasser vermengt. Nach einer Verweilzeit von ein bis vier Stunden, vorzugsweise zwei Stunden, gelangt dann der Schlamm über die Leitung 45 und die Pumpe 47 in das Belebungsbecken 11. Es findet also ein Kreislauf von Schlamm aus dem Zwischenklärbecken 13 zur anaeroben Zwischenstufe 44, von dort zum Belebungsbecken 11 und wieder zurück zum Zwischenklärbecken statt. Dadurch erfolgt ein ständiger Wechsel von anaeroben und aeroben Milieuverhältnissen. Unter den anaeroben Bedingungen in der anaeroben Zwischenstufe geben die im Schlamm enthaltenen Bakterien Phosphat ab, um dann in der nachfolgenden aeroben Phase erhöhte Phosphatmengen zu speichern. Der über das Ventil 35 aus dem Zwischenklärbecken 13 in den Faulbehälter 49 abgelassene Ueberschussschlamm enthält daher viel dem Abwasser entzogener Phosphor. Dies ist von besonderem Vorteil, wenn der in der Faulstufe anfallende Faulschlamm als Dünger verwendet wird.

In üblicher Weise kann der Ueberschussschlamm im Faulbehälter 49 einer Faulung unterzogen und nachher in einer Eindickvorrichtung 53 entwässert werden. Ein Teil des Trübwassers kann über die Leitung 65 der anaeroben Zwischenstufe 44 zugeführt werden. Ein anderer Teil des Trübwassers wird über die Leitung 55 der chemischen Phosphat-Fällungsstufe 57 zugeführt, wo die Phosphorelimination mit Kalk erfolgen kann. Im Gegensatz zur chemischen Fällung im Abwasserstrom ist hier der Bedarf an Fällungsmittel äusserst gering. Bei der Verwendung von Kalk wird auch eine Aufsalzung vermieden.

Es bleibt noch nachzutragen, dass der aus der zweiten Stufe über die Leitungen 25 und 27 in die anoxische Vorstufe 15 fliessende Rückführstrom etwa ein bis viermal grösser ist als der über die Leitung 10 fliessende Rohabwasserstrom. Die Abbauleistung der ersten Stufe wird so gesteuert, dass das

-11-

Verhältnis von BSB5 zu dem im Nitrat enthaltenen Stickstoff im Zulauf zur anoxischen Vorstufe 15 grösser als drei ist. Es wird also vermieden, dass in der ersten Stufe zuviel organisches Material abgebaut wird. Dadurch wird gewährleistet, dass später immer genügend viel Material mit gut abbaubaren Kohlenstoffverbindungen zur Förderung der biologischen Denitrifikation zur Verfügung stehen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass beim neuen Verfahren die sich bildenden unterschiedlichen Lebensgemeinschaften von Bakterien in den einzelnen Anlageteilen für die Reinigungswirkung günstige Bedingungen antreffen. Die so gebildeten Lebensgemeinschaften passen sich der jeweiligen Abwasserbeschaffenheit gut an und sind auch gegen Belastungsschwankungen sehr resistent. Sie ermöglichen einen verhältnismässig raschen biologischen Abbau der Schadstoffe mit einer relativ klein dimensionierten Abwasserreinigungsanlage.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Nitrat- und Phosphatelimination bei der biologischen Reinigung von Abwasser in einer Abwasserreinigungsanlage, mit einer ersten Stufe, welche ein Belebungsbecken (11) und ein Zwischenklärbecken (13) aufweist, und einer zweiten Stufe, welche ein Belebungsbecken (17) und ein Nachklärbecken (19) aufweist, bei welchem Verfahren Abwasser aus der ersten Stufe einer Nachbehandlung in der zweiten Stufe unterzogen wird, der im Nachklärbecken (19) abgesetzte Schlamm zu einem grossen Teil zurückgeleitet und zu einem kleinen Teil als Ueberschussschlamm einer Faulstufe (49) zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass in der ersten Stufe Belebtschlamm aus dem Zwischenklärbecken (13) einer anaeroben Zwischenstufe (44) zugeführt, dort während einer vorbestimmten Zeit belassen und dann zum Belebungsbecken (11) rezirkuliert wird, dass sowohl Abwasser als auch Schlamm aus der zweiten Stufe einer anoxischen Vorstufe (15) zugeleitet werden, und dass das mit Schlamm vermengte Abwasser aus der anoxischen Vorstufe (15) dem Belebungsbecken (17) der zweiten Stufe zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückleitung von Abwasser zur anoxischen Vorstufe (15) vom Ausgang des Belebungsbeckens (17) der zweiten Stufe erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Rückführstrom von Abwasser und Schlamm aus der zweiten Stufe in die anoxische Vorstufe (15) das ein bis vierfache des der ersten Stufe zufließenden Rohabwasserstromes beträgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass für kommunale oder mehrheitlich kommunale Abwasser der

-13-

Rückführstrom das eineinhalb bis zweifache des Rohabwasserstromes beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbauleistung der ersten Stufe so gesteuert wird, dass im Zulauf zur anoxischen Vorstufe das Verhältnis von BSB5 zu dem im Nitrat enthaltenen Stickstoff grösser als drei ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration an gelöstem Sauerstoff im Belebungsbecken (11) der ersten Stufe im Durchschnitt tiefer als 1,0 Milligramm pro Liter, vorzugsweise 0,2 bis 0,6 Milligramm pro Liter, gehalten und die Schlammkonzentration zwischen 3,0 und 8,0 Kilogramm pro Kubikmeter eingestellt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der anaeroben Zwischenstufe (44) biologisch abbaubaren Kohlenstoff enthaltendes Material zugeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der anaeroben Zwischenstufe (44) ein Teil des Rohabwassers zugeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der anaeroben Zwischenstufe (44) Trübwasser und/oder Brüden zugeführt wird, das bzw. die bei Eindickung/Entwässerung oder Trocknung von Faulschlamm anfällt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Schlamm während ein bis vier Stunden, vorzugsweise etwa zwei Stunden, in der anaeroben Zwischenstufe (44) belassen wird.
11. Verfahren nach einer der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Inhalt der anaeroben Zwischenstufe

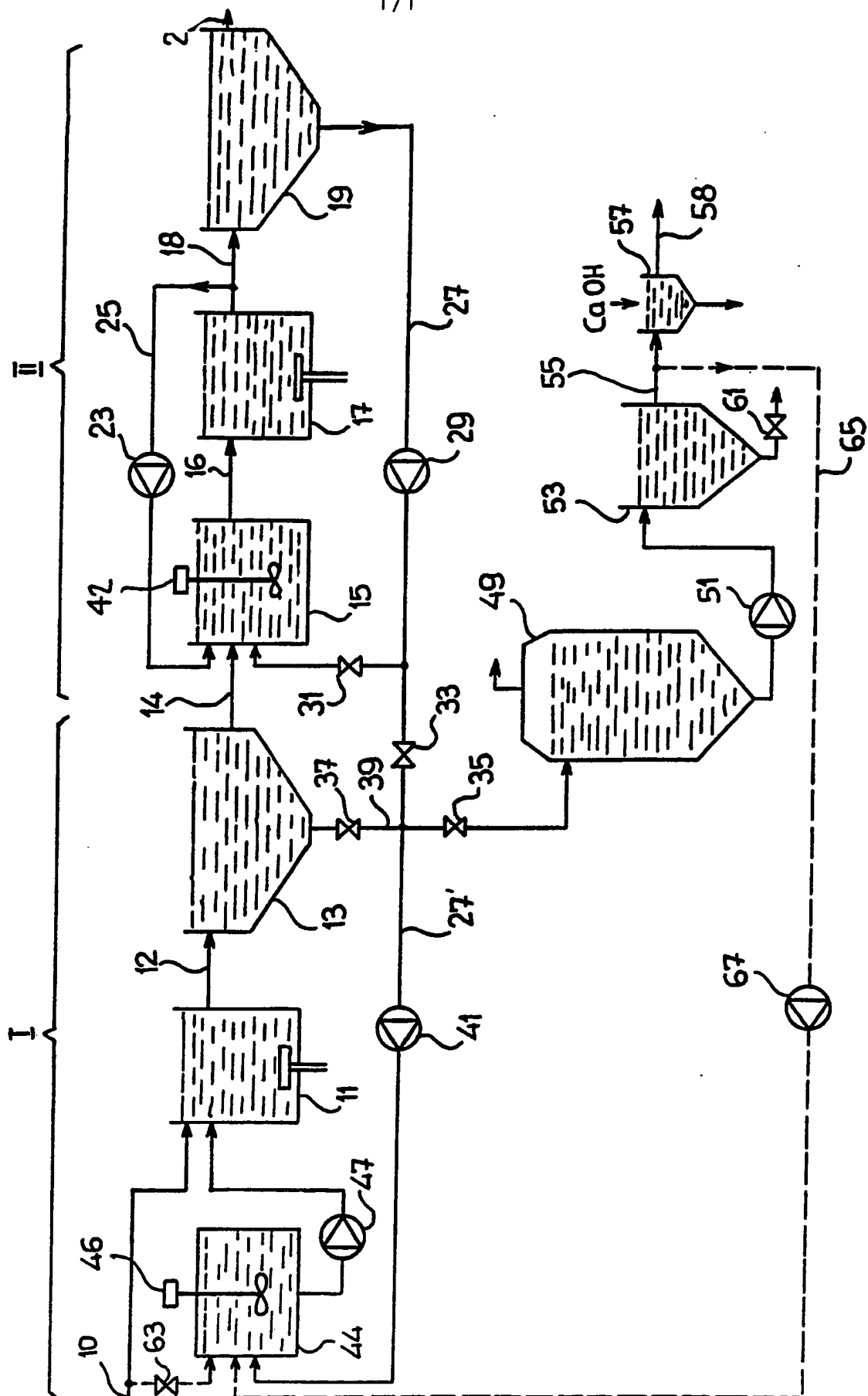
-14-

- (44) und/oder der Inhalt der anoxischen Vorstufe (15) umgewälzt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das im Trübwasser der Faulstufe (49) enthaltene Phosphat chemisch, z.B. mit Kalziumhydroxid, ausgefällt wird.
13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, mit einer ersten Stufe, welche ein Belebungsbecken (11) und Zwischenklärbecken (13) aufweist und einer zweiten Stufe, welche ein Belebungsbecken (17) und ein Nachklärbecken (19) aufweist, mit einer Rückführleitung (27) für den Schlamm aus der zweiten Stufe und einer Rückführleitung (25) für Abwasser aus der zweiten Stufe, dadurch gekennzeichnet, dass eine anaerobe Zwischenstufe (44) zwischen dem Zwischenklärbecken (13) und dem Belebungsbecken vorgesehen ist, um Schlamm aus dem Zwischenklärbecken (13) während einer vorbestimmten Zeit in anaeroben Zustand zu halten und dann in das Belebungsbecken (11) zurückzuführen, das zwischen der ersten Stufe und der zweiten Stufe eine anoxische Vorstufe (15) angeordnet ist, und dass sowohl die Rückführleitung (25) für Abwasser aus der zweiten Stufe als auch die Rückführleitung (27) für Schlamm aus der zweiten Stufe zur anoxischen Vorstufe (15) führt.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Rückführleitung (25) für Abwasser vom Ausgang des Belebungsbeckens der zweiten Stufe zur anoxischen Vorstufe (15) führt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Rückführleitung (27) für den Schlamm aus dem Nachklärbecken (19) zum Belebungsbecken (11) der ersten Stufe führt.



-15-

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die anoxische Vorstufe (15) mit einer Umwälzvorrichtung (42) versehen ist.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass eine Leitung (10') zur Versorgung der anaeroben Zwischenstufe (44) mit Rohabwasser vorgesehen ist.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, mit einer Faulstufe (49) und einer der Faulstufe nachgeschalteten Entwässerungsstufe (53), dadurch gekennzeichnet, dass eine Leitung (65) für Trübwasser oder Brüden von der Entwässerungsstufe (53) zur anaeroben Zwischenstufe (44) vorgesehen ist.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/CH91/00116

<b>I. CLASSIFICATION F SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int.Cl.5                      C02F 3/30		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl.5	C02F	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b>		
Category <sup>9</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	FR, A,2 382 405 (STAMICARBON) see page 5, line 21- page 6, line 18; figure 3 ---	1,2,7,8
A	DE, A,2 740 766 (CELLULOSE ATTISHOLZ) (cited in the application) see page 1; claims 1,4,6-8,12,13,15,16 ---	1,13
A	US, A,4 488 968 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS) see column 4, line 4- line 48 ---	1,6
A	EP, A,87 127 (LINDE) see page 5, line 14- page 7 -----	1,7-10,12, 13,17,18
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><sup>10</sup> * Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>"Δ" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search 14 August 1991 (14.08.91)		Date of Mailing of this International Search Report 23 September 1991 (23.09.91)
International Searching Authority European Patent Office		Signature of Authorized Officer

# ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

CH 9100116  
SA 47149

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

14/08/91

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR-A-2382405	29-09-78	NL-A- 7702236	05-09-78
		BE-A- 864340	28-08-78
		DE-A- 2809094	14-09-78
		GB-A- 1555646	14-11-79
		JP-A- 53110251	26-09-78
		NL-A- 7802124	05-09-78
		SE-A- 7802276	03-09-78
		US-A- 4183809	15-01-80
DE-A-2740766	30-03-78	CH-A- 621751	27-02-81
		FR-A- 2365527	21-04-78
		JP-A- 53051658	11-05-78
		NL-A- 7710396	29-03-78
US-A-4488968	18-12-84	CA-A- 1228433	20-10-87
EP-A-87127	31-08-83	DE-A- 3206440	01-09-83

<b>I. KLASSEFIZIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) <sup>6</sup>		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Kl. 5                      C02F3/30		
<b>II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff <sup>7</sup>		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Kl. 5	C02F	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>		
<b>III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN</b> <sup>9</sup>		
Art. <sup>o</sup>	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
A	FR,A,2 382 405 (STAMICARBON) siehe Seite 5, Zeile 21 - Seite 6, Zeile 18; Abbildung 3 ---	1,2,7,8
A	DE,A,2 740 766 (CELLULOSE ATTISHOLZ) in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 1; Ansprüche 1,4,6-8,12,13,15,16 ---	1,13
A	US,A,4 488 968 (AIR PRODUCTS AND CHEMICALS) siehe Spalte 4, Zeile 4 - Zeile 48 ---	1,6
A	EP,A,87 127 (LINDE) --- siehe Seite 5, Zeile 14 - Seite 7 ---	1,7-10, 12,13, 17,18
<p><sup>10</sup> Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahme bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
<b>IV. BESCHEINIGUNG</b>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
14.AUGUST 1991	23.09.91	
Internationale Recherchenbehörde	Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten	
EUROPAISCHES PATENTAMT	TEPLY J. 